

ПОВЫШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНОЗЕМА ЗА СЧЕТ РУДОПОДГОТОВКИ НЕФЕЛИНА И ИЗВЕСТНЯКА

А.В. Конев¹, Л.Н. Кузина², К.А. Шульгина², С.Ф. Богдановская², Ж.В. Миронова²

¹ ОАО «СИБЦВЕТМЕТНИИПРОЕКТ», г. Красноярск, Россия

² ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия

1. Состояние минерально-сырьевой базы АГК

На тонну производимого алюминия требуется более двух тонн глинозема (расчетная потребность 1,92 т), для получения которых АГК необходимов свою очередь не менее 7,6 т нефелиновой руды и 14,5 т известняка, подвергаемых дробления, измельчению, спеканию, выщелачиванию и т.д. В связи с чем выведение в отвал в начале технологического процесса пород, не содержащих компонентов, используемых для получения глинозема и других товарных продуктов, обеспечит экономию материальных ресурсов, улучшит технико-экономические показатели работы АГК и потребляющих его глинозем алюминиевых заводов.

АГК производит глинозем технологией спекания нефелиновых руд с известняком, в результате чего происходит их разложение на растворимые в водных и щелочных растворах алюминаты щелочей и нерастворимый двухкальциевый силикат. Для полного перевода окислов алюминия из нефелина в алюминаты щелочей, а кремнезема в двухкальциевый силикат должны выдерживаться в шихте для спекания молекулярные отношения

$$\begin{aligned}(\text{Na}, \text{K})_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3 &= 1 \text{ (Щелочный модуль)}, \\ \text{CaO}:\text{SiO}_2 &= 2 \text{ (Кальциевый модуль)}.\end{aligned}\tag{1}$$

Процесс полного разложения нефелина при спекании протекает при температурах 1200-1300⁰С в узком температурном интервале $\Delta = 20 \div 30$ ⁰С. Обязательным условием получения технологически качественного пористого спека является соблюдение температурного режима, что осложняется колебаниями состава шихты и соединений железа в ней, делающих её более легкоплавкой, уменьшая Δt , вызывая напряженную работу обжиговых печей, отрицательно влияя на пористость спека, на извлечение из него глинозема и щелочей.

Нефелиновые руды Кия-Шалтырского месторождения характеризуются низким щелочным модулем (0,78 + 0,20) и повышенным содержанием оксидов железа (4,48 ÷ 4,68 % масс.). Поэтому для их переработки оптимальной является нефелино-известняково-содово насыщенная шихта, в которую известняк и сода подаются с обратным раствором из расчета

$$\begin{aligned}\text{CaO}:\text{SiO}_2 &= 2, \\ (\text{Na}, \text{K})_2\text{O}:(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) &= 1.\end{aligned}\tag{2}$$

При этом получают достаточно качественный спек, извлечение глинозема и щелочей из которого достигает 83 ÷ 85 и 79 ÷ 85 % соответственно.

Главная проблема получения глинозема из нефелинов заключается в необходимости практически полного разделения элементов Al (III) и Si (IV), несовместимых при электролизе алюминия. Поэтому в товарном глиноземе содержание SiO₂ не должно превышать 0,02 %.

Из вышеизложенного следует, что к исходному сырью для производства глинозема предъявляются повышенные требования как по качеству так и по стабильности состава во времени, установленных соответствующими стандартами АГК.

Перерабатываемые АГК нефелиновые руды добываются с 1969 г. Кия-Шалтырским рудником (КШНР, п. Белогорск), а известняк – Мазульским рудником (МИР, г. Ачинск), построенных по проектам института «Сибцветметниипроект» на базе одноименных месторождений.

Проектом МИР предусмотрена мощность по добыче известняка в 8,5 млн т, комплекс крупного дробления и доставка руды крупностью – 300 мм до расположенного рядом АГК автомобильным транспортом. Проблем с запасами известняка на сегодня нет. В то же время

актуальны меры по снижению содержаний в нем мешающих примесей – оксидов железа, кремния и серы, нестабильности состава, усложняющих подготовку шихты, контроль за процессами спекания и выщелачивания, повышающих удельный расход сырья и отходов производства на тонну производимого глинозема.

Договором от 1991 г. между АГК и институтом «Сибцветметниипроект» предусматривалась разработка и внедрение станции контроля качества известняков МИР, применение которой в сырьевом цехе обеспечивало значительное улучшение качества и снижение колебаний состава за счет перераспределения потоков сырья между глиноземным и цементными производствами, существенное повышение выхода глинозема и улучшение его качества по содержанию кремнезема, негативно влияющего на качество алюминия. Однако данная работа была прервана в силу обвальных процессов в экономике начала 90-ых годов и не возобновлена до настоящего времени.

Первоначальным проектом 1960 г. предусматривалась мощность КШНР по добыче руды в 4,5 млн т в год, техническим проектом от 1970 г. его мощность увеличена до 6,7 млн т. Руды месторождения отличаются достаточно высоким качеством и не требовали на момент проектирования КШНР обогащения. Проектом предусмотрено крупное дробление руды до –300 мм, усреднение на дробильно-шихтовальной установке (ДШУ) с подачей руды в бункер погрузочного узла для отправки на АГК железнодорожными маршрутами. Усреднение руды обеспечивается также её добычей не менее чем из трех забоев на двух горизонтах карьера одновременно.

Техно-рабочим проектом от 1981 г. и «Календарным планом горных работ на 1986-1990 гг.» обоснованы окончательные границы карьера КШНР и отрабатываемые запасы сырья соответственно [1, 2].

Для КШНР сегодня весьма критична ситуация с истощением запасов сырья с одновременным ухудшением его качества и нестабильностью состава отгружаемой АГК руды.

По оценкам специалистов по состоянию на 2010 г. запасов кондиционных руд КШНР осталось не более чем на 10-15 лет, в то время как на подготовку к отработке одного из двух резервных месторождений требуется 14-16 лет, в том числе [1, 2]:

- на проведение предварительной разведки Белогорского месторождения (в 15 км от КШНР), выполнение ТЭО и временных кондиций, подсчета запасов и утверждения их в ГКЗ – **не менее трех лет** (на данный момент проведены только поисковые работы с выделением наиболее богатых руд, из которых можно получить до 170 млн т концентрата, что обеспечит АГК сырьем на 35 лет);
- на выполнение сравнительного ТЭО по Белогорскому и Горячегогорскому (33 км от г. Шарыпово) месторождениям нефелинов – **один год** (на данный момент проведена предварительная разведка Горячегогорского месторождения с оценкой возможности получения до 215 млн т концентрата в течение 42 лет);
- на детальную разведку выбранного к отработке одного из двух месторождений с комплексом технологических испытаний его руд, на выполнение ТЭО постоянных кондиций, подсчет запасов и утверждение их в ГКЗ – **не менее трех лет**;
- на проведение изысканий, выполнение проекта и рабочей документации на строительство ГОКа – **два года**;
- на строительство ГОКа – **от 5 до 7 лет**.

Капитальные вложения для перехода на резервную сырьевую базу со строительством ГОКа с полным циклом обогащения составят **в ценах 2008 г.** от 18 до 20 млрд руб с себестоимостью получаемого концентрата от 726 до 778 руб/т.

По результатам доразведки месторождения в 2010 г. запасы нефелиновых руд (уртитов) КШНР по категориям В+С₁ оценены в 80 млн т, в том числе по категории В – 45÷50 млн т, а С₁ – 30÷35 млн т. Перевод запасов категории С₁ в категорию В составит 40÷45 млн т [3].

Эксплуатационной разведкой установлено, что по содержанию глинозема и щелочей выделяются четыре технологических сорта руд:

- 1) Высокоглиноземистые (богатые) руды ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 27,5 \%$) – 21 % от общих запасов.
- 2) Рядовые руды ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 26,0 \div 27,5 \%$) – 50 % запасов.
- 3) Низкоглиноземистые (бедные) руды ($\text{Al}_2\text{O}_3 = 24,0 \div 26,0 \%$) – 24 % запасов.
- 4) Низкощелочные руды (сумма примесей в пересчете на $\text{Na}_2\text{O} \leq 12,7 \%$) – 5 % запасов.

Качество руд на разных горизонтах месторождения расходится незначительно, закономерности в их различиях не обнаружены. Качество руд постоянно по всем сечениям и блокам со снижением по содержанию Al_2O_3 на $0,8 \div 1,0 \%$ в южной части месторождения, быстро выклинивающейся на глубину.

С глубиной не наблюдается увеличения количества и объема дайковых включений в рудном теле. Значительная их часть размещена за его пределами во вмещающих породах – к югу и северу от него. В контурах карьера распространены примеси сульфидов в габброидах и уртитях (от $1 \div 3$, локально до 10 %), а также в экзоконтактных толщах.

Таким образом, по результатам доразведки КШНР может обеспечить АГК кондиционным сырьем по стандарту предприятия шихтовкой руд разных сортов в объеме до $80 \div 85$ млн т, которых хватит при объемах добычи в 6,7 млн т на 12 лет, при объемах выемки в 4,5 млн т – до 18 лет.

Кроме истощения запасов на КШНР наблюдается также, начиная с 2000-2002 годов, опережающий рост удельных объемов вскрыши (коэффициент вскрыши 1,7 и более), породы, добываемых товарных руд и отходов производства на АГК – шламов, в расчете на единицу производимого глинозема, соответственно растет и себестоимость его производства [4].

Согласно стандарта АГК содержание Al_2O_3 в поступающей нефелиновой руде КШНР должно быть в пределах от 26 до 27 % масс., тогда как опробование на АГК поступающих маршрутов показывает, что содержания Al_2O_3 колеблются в них в пределах от 24,5 до 28,7 %, а их доля, не соответствующих требованиям стандарта, составляет 46,8 %. Таким образом, система усреднения руд на КШНР путем добычи не менее чем в трех забоях на двух горизонтах одновременно на основе данных геостатистического анализа [5], с использованием возможностей существующей ДШУ, работает неэффективно.

Вариативность вещественных характеристик поступающей с КШНР руды не обеспечивает при существующей на АГК системе её приемки и складирования по секторам надлежащей работы отделения приготовления руды (ОПР) сырьевого цеха, а невозможность на складе ОПР усреднения руды, подаваемой в отделение приготовления шихты (ОПШ), негативно сказывается на выдерживании её модульных характеристик, осложняет контроль технологического процесса и соответственно отрицательно сказывается на удельных расходах спека, на извлечении из него полезных компонентов, на выпуске глинозема, колебания которых достигают $20 \div 25 \%$ отн. по году [4].

Таким образом, задача повышения технико-экономической эффективности работы АГК предполагает решение взаимосвязанных вопросов обеспечения жизнедеятельности КШНР на среднесрочную перспективу (15-20 лет) и перехода на резервную сырьевую базу, улучшения качества и стабильности перерабатываемого сырья, снижения тем самым удельного расхода его на единицу товарной продукции, издержек производства глинозема и алюминия, повышения конкурентоспособности РУСАЛа в целом на рынке.

2. Возможности обогащения нефелинов, использования иногo алюминиевого сырья на АГК

Освоение резервной сырьевой базы КШНР с менее качественными нефелинами потребует их обогащения, корректировки параметров либо внесения изменений в технологию производства глинозема методом спекания на АГК.

Согласно сведениям из литературных источников обогащение алюминийсодержащих руд почти не применяется. Это объясняется, с одной стороны, наличием в природе значительных

запасов высококачественных бокситов, а с другой стороны, сложностями применения известных методов обогащения для алюминиевого сырья. Тем не менее, разработка и совершенствование методов его обогащения ведется.

Как показывают результаты НИР при обогащении руд Кия-Шалтырского месторождения флотацией выделен концентрат с содержанием Al_2O_3 в $55 \div 56$ % масс.

Обогащением каолина магнитным методом получен концентрат с содержанием Al_2O_3 около 32 % против 23,5 % в исходном материале.

При удалении из каолинов крупнозернистых примесей, в основном кварцевого песка, отмучиванием или сухой классификацией с использованием циклонов и воздушных сепараторов получают концентрат с содержанием Al_2O_3 $38 \div 40$ %.

Для обогащения кианитовой руды разработан способ предварительного обогащения в тяжелых суспензиях с перемывкой хвостов флотацией, а концентрата – магнитной сепарацией.

Предложен способ предварительного химического обогащения измельченных нефелиновых сиенитов с повышенным содержанием кремнезема и низким содержанием щелочей в автоклаве оборотным щелочным раствором при температуре $240^\circ C$. Перед этим материал подвергается дополнительному обогащению в гидроциклонах для выделения более крупной фракции, обогащенной минералами железа.

Ведутся исследования по применению кислотных способов для переработки нефелинов, алунитов и отходов обогащения высокозольных углей.

Таким образом, существуют разнообразные гравитационные, флотационные, магнитные и химические методы обогащения алюминиевого сырья, но их применение конкретно для КШНР и АГК сдерживается необходимостью значительных капитальных затрат, внесения существенных изменений в отработанную технологию, дальнейшим ростом себестоимости производства глинозема, неопределенностью с параметрами и сроками окупаемости инвестиционных вложений.

Переход АГК на зарубежные или отечественные бокситы (менее 1 % мировых запасов) теоретически также возможен, но при этом, во-первых, возрастут транспортные расходы, во-вторых, потребуется перестройка технологии под новое сырье, в-третьих, под бокситы с месторождений Нижнего Приангарья уже строится Богучанский алюминиевый завод.

Более 90 % запасов зарубежных бокситов сосредоточено в 18 странах с тропическим или субтропическим климатом, из них 2/3 находится в Гвинее (21 % мировых запасов), Бразилии (15 %), Австралии (11 %), Ямайке (7 %), Камеруне (6 %) и т.д. Последствия ориентации на них однако трудно просчитать с учетом политических рисков в свете последних событий, связанных с Украиной. Так, например, Австралия как один из возможных поставщиков бокситов, проявляет в части применения санкций в отношении России повышенную активность среди стран Запада и уже заявила о прекращении поставок урана для ОАО «Росатом».

Специалисты-эксперты считают, что алюминиевая промышленность России может быть конкурентноспособной только в случае, если в совокупных затратах энергетическая составляющая не будет превышать $15 \div 17$ %, а транспортная – $6 \div 8$ %. В действительности же их доля уже достигла $20 \div 30$ и $17 \div 18$ % соответственно (для сравнения: в Канаде транспортные затраты составляют $2 \div 3$ %), что вызывает сомнение в экономической целесообразности проектов переработки на АГК привозных бокситов [6].

Переработка менее качественных нефелинов с добавками привозных бокситов, другого отечественного алюминиевого сырья представляется более реальным, но также требует всесторонней проработки, оценки экономических и технологических последствий [7-9].

В связи с вышеизложенным есть основания полагать, что в стратегической перспективе следует ориентироваться на импортозамещающие варианты переработки отечественного сырья, решая вопросы повышения его качества, снижения затрат на производство глинозема и алюминия в целом.

Объемы производства алюминия в России растут, тогда как производства глинозема не меняются. В настоящее время его дефицит составляет 5 млн т в год. В случае реализации проектов строительства алюминиевых заводов ОАО «Алюком-Тайшет» мощностью 750 тыс. т, Богучанского завода в Нижнем Приангарье производительностью 600 тыс. т и других дефицит возрастет до 9÷15 млн в год [10]. В связи с чем целесообразно уже сейчас прорабатывать вопросы наращивания производства глинозема на базе месторождений Кузнецкого Алатау и Нижнего Приангарья, соседних регионов.

3. Среднесрочные возможности разрешения сырьевых проблем АГК

В сложившейся ситуации оптимальным вариантом продления срока эксплуатации КШНР до 15-25 лет и повышения технико-экономических показателей работы АГК в целом является внедрение предварительного обогащения сухим способом бедных, а также разубоженных руд и нефелинизированных габброидов из специальных отвалов, путем строительства фабрики предварительного обогащения на базе имеющейся ДШУ, внедрение систем управления качеством известняков МИР с использованием станций контроля на АГК.

Проектным заданием на разработку Кия-Шалтырского месторождения нефелиновых руд (Сибцветметниипроект, 1960 г.) и техническим проектом 1970 г. спецотвалы не предусматривались.

Смесь руды (40÷60 %) и породы (40÷60 %) от селективной выемки вывозилась до 1972 г. в породные отвалы. Затем по инициативе геологической службы рудника были организованы спецотвалы для складирования сильно разубоженных руд и метасоматических ийолитов. Химический состав их значительно колеблется в зависимости от того, с какими породами велась селективная выемка (Таблица 1).

Уртитовые руды Кия-Шалтырского месторождения состоят на 75÷95 % из нефелина $\text{Na}[\text{AlSiO}_4]$ и на 10÷25 % из пироксеновых, цветных (амфиболы, биотиты, гранаты), аксессуарных и рудных минералов, не участвующих в получении глинозема, мешающих его извлечению.

Содержание Al_2O_3 в нефелине составляет 35,92 %, а в уртитах в целом – от 27 до 32 % масс. Следовательно, кондиционная руда КШНР с содержанием Al_2O_3 26÷27 % согласно стандарта АГК должна включать не менее 84÷96 % уртитов и не более 4÷16 % породных минералов, входящих в состав даек, габброидов и вмещающих пород. Соответственно предельный выход хвостов предобогащения не может превышать теоретического предела в 14÷41 % отн. от исходной массы нефелинового сырья.

Согласно данным Таблицы 1 содержание Al_2O_3 в спецотвалах изменяется от 22,41 до 24,62 %. Для получения кондиционной руды по стандарту АГК требуется выделить из них предобогащением породные компоненты в пределах 10÷15 % отн., что представляется вполне реальным с учетом природного состава уртитов КШНР и того обстоятельства, что в отбитой рудной массе сумма основных пороодообразующих компонентов $\text{CaO} + \text{MgO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ изменяется в пределах 10,59÷21,46 % масс., а плановое разубоживание и дайковые включения достигают 10÷15 %, плановые потери полезного компонента при добыче на руднике составляют 5÷7 %.

Таблица 1

Химический состав рудной массы в специальных отвалах

№/ № п/п	Наименование руд- ной массы	Содержание компонента, в % масс.							(Na+K) ₂ O= R:Al ₂ O ₃	Сумма CaO+ MgO+ Fe ₂ O ₃
		Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Уртиты со скарнами	22,41	37,87	3,86	2,01	4,72	8,85	2,23	11,08/0,49	10,59
2	Уртиты с габбро	24,62	40,96	9,82	2,58	5,54	8,91	2,25	11,16/ 0,45	17,94
3	Уртиты с известняками	23,36	37,27	14,75	2,03	4,68	8,80	2,21	11,01/0,47	21,46
4	Ийолитыметасома- тические с уртитами	23,36	40,06	11,33	1,89	6,13	8,78	2,21	10,99/0,47	19,35
5	Уртиты с дайками диабазовых порфи- ритов	23,24	42,38	8,22	2,18	6,32	9,17	2,32	11,49/0,49	16,72
6	Уртиты с дайками камптонитов	23,15	42,24	7,68	4,08	5,69	8,61	2,18	10,79/0,47	17,45
7	Уртиты с дайками ийолитов	23,99	40,10	10,07	1,59	6,06	9,97	2,52	12,49/0,52	17,72
	Среднее содержание	23,38	40,08	10,85	2,21	5,64	9,07	2,29	11,36/0,49	18,70
8	Спецотвал № 1	23,45	40,10	10,76	2,38	5,55	9,05	2,29	11,34/0,48	18,69
9	Спецотвал № 2, 2а	23,08	39,53	11,59	2,02	5,55	9,07	2,29	0,49	19,16
10	Спецотвал № 3	23,64	40,65	10,21	2,20	5,84	9,08	2,29	11,37/0,48	18,25

Сумма содержаний щелочных соединений $R = (Na+K)_2O$ изменяется в разубоженных рудах в пределах от 10,79 до 12,49 % масс., тогда как щелочный модуль – от 0,45 до 0,52, то есть они относятся к сорту низкощелочных. В связи с чем немаловажным моментом их преобогащения является вопрос о том, в какой продукт будут концентрироваться щелочные соединения.

Таким образом, для преобогащения бедных и разубоженных руд Кия-Шалтырского месторождения до кондиций АГК имеются природные предпосылки, что косвенно подтверждают те результаты обогащения различных видов алюминиевого сырья, в том числе каолинов магнитной сепарацией с коэффициентом обогащения $1,3 \div 1,4$.

4. Ожидаемый эффект от применения преобогащения

В первом приближении преобогащением из нефелинов можно выделить $10 \div 15$ %, а из известняков – $15 \div 20$ % породы без потери основных полезных компонентов выше $3 \div 5$ %, без снижения объемов производства глинозема с одновременным повышением его качества по содержанию мешающих компонентов. Соответственно на $20 \div 30$ % снизятся затраты на извлечение глинозема с сохранением выручки от его реализации.

При переработке дополнительных объемов сырья в $2,6 \div 3,9$ млн т вместо выведенной из процесса преобогащением $20 \div 30$ % отбитой породной массы в отвал будет получено дополнительно $120 \div 180$ тыс. т глинозема, соответственно около $60 \div 90$ тыс. т черного алюминия, реализация которого с учетом цены LMEв 2008,5 \$/т по состоянию на **12.09.2014 г.** даст фактически дополнительную валовую прибыль в $120 \div 180$ млн \$.

Внедрение преобогащения позволит также пересмотреть в сторону увеличения имеющиеся запасы сырья и кондиции, сократить отходы глиноземного и алюминиевого производств, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, ускорить освоение резервного месторождения обоснованным выбором оптимального варианта из двух – Белогорского либо Горячегогорского месторождений нефелиновых руд, оценить возможности развития сырьевой

базы и снижения дефицита отечественного глинозема строительством глиноземных заводов в Сибири по отработанной технологии спекания.

Затраты на внедрение предобогащения сырья КШНР и МИР до 2÷3 млрд. руб. или около 42÷63 млн \$ окупаются в течение полугода. Конкретная схема предобогащения может быть предложена, а технологические показатели её и экономический эффект применения предобогащения уточнены по результатам ТЭР и НИР.

В последние годы группой сотрудников института «Сибцветметниипроект» и Сибирского федерального университета проделана значительная работа в направлении развития возможностей рудоподготовки и предварительного обогащения минерального сырья, в том числе руд цветных металлов и золота, улучшения экономики их извлечения, с использованием существующих технических средств [11-14].

ЛИТЕРАТУРА

1. Колдырев Ю.И. Институт «Сибцветметниипроект» и перспективная сырьевая база Ачинского глиноземного комбината. Сборник докладов Первого международного конгресса «Цветные металлы Сибири – 2009», раздел 1, с. 76-78.
2. Ермаков А.В., Марченко А.А. Перспективы развития сырьевой базы ОАО «РУСАЛ Ачинск». Сборник докладов Третьего международного конгресса «Цветные металлы Сибири – 2011», раздел 11, с. 92-94.
3. Опарин И.А. Основные результаты доразведки Кия-Шалтырского месторождения нефелиновых руд. Проблемы геологии и освоения недр, т. 1, 2011, из-во Томского политехнического университета, с. 186-187.
4. Пихтовников А.Г., Данилов Д.А., Мухин Н.П., Шепелев И.И. Исследование влияния качества нефелиновой руды на технологию производства глинозема. Сборник докладов Второго международного конгресса «Цветные металлы Сибири – 2010», раздел 5, с. 412-414.
5. Ермаков А.В., Кондрашова Ю.Ю. Геоэкономический анализ месторождения как способ управления качеством добываемой руды. Журнал «Природные ресурсы Красноярского края». Красноярск, март 2012 г., с. 59-60.
6. Кальченко В.С. О тарифах на электроэнергию, грузовые железнодорожные перевозки и их влияние на конкурентоспособность российской металлопродукции// Цветные металлы, 2001, № 12, с. 60-62.
7. Виноградов С.А. Разработка эффективной технологии комплексной переработки нефелинов с добавками боксита. Дисс. на соискание уч. степени к.т.н., Санкт-Петербург, 2009, 157 с.
8. Дашкевич Р.Я., Медведев Г.П. Перспективы расширения сырьевой базы Ачинского глиноземного комбината (ОАО «РУСАЛ Ачинск») за счет использования каолиновых глин. Сборник докладов Первого международного конгресса «Цветные металлы Сибири – 2009». Раздел II, с. 135-139.
9. Шепелев И.И., Дашкевич Р.Я., Головных Н.В., Пихтовников А.Г., Горбачев С.Н., Мухин Н.П. Вовлечение в переработку некондиционного нефелинового сырья с применением глиноземсодержащих добавок. Сборник докладов Третьего международного конгресса «Цветные металлы Сибири – 2011». Раздел 11, с. 88-91.
10. Лепезин Г.Г., Каргополов С.А., Жираковский В.Ю. Минералы группы силлиманита как новое перспективное сырье для алюминиевой промышленности России. – Журнал СО РАН «Геология и геофизика», 2010, т. 51, 3 12, с. 1605-1617.
11. Конев А.В., Шульгина К.А., Миронова Ж.В. Проблемы переработки руд цветных металлов и золота с предварительным обогащением. – Сб. докл. Пятого международного конгресса «Цветные металлы – 2013». – Красноярск: 2013, с. 78-82.

12. Конев А.В., Киселева С.П., Штреслер К.А., Миронова Ж.В. Проблемы отработки месторождений руд цветных металлов и золота с предварительным обогащением. – Записки горного института, С-Петербург, 2013, т. 205, с. 179-184.
13. Конев А.В., Шульгина К.А., Миронова Ж.В. Повышение конкурентноспособности отечественной цветной металлургии с использованием предварительного обогащения. – Сб. докл. Пятого международного конгресса «Цветные металлы – 2013». – Красноярск: 2013, с. 675-679.
14. Штреслер К.А., Миронова Ж.В., Конев А.В., Киселева С.П. Повышение инвестиционного потенциала месторождений руд цветных металлов и золота предварительным обогащением. Записки горного института, С-Петербург, 2013, т. 205, с. 280-284.
15. Конев А.В., Шульгина К.А., Миронова Ж.В., Кузина Л.Н., Богдановская С.Ф. Проблемы разведки и оценки перспективности отработки месторождений руд цветных металлов и золота с применением предварительного обогащения – Сб. докл. Шестого международного конгресса «Цветные металлы и минералы 2014». – Красноярск: 2014, с. 97-105.
16. Конев А.В., Шульгина К.А., Миронова Ж.В., Кузина Л.Н., Богдановская С.Ф. Актуальность и проблемы применения предварительного обогащения при отработке месторождений руд цветных металлов и золота – Сб. докл. Шестого международного конгресса «Цветные металлы и минералы 2014». – Красноярск: 2014, с. 146-154.
17. Конев А.В., Шульгина К.А., Миронова Ж.В., Кузина Л.Н., Богдановская С.Ф. Экономическое моделирование условий применения предварительного обогащения для повышения эффективности работы горнометаллургических предприятий – Сб. докл. Шестого международного конгресса «Цветные металлы и минералы 2014». – Красноярск: 2014, с. 724-730.

INCREASED RATES OF PRODUCTION OF ALUMINA BY NEPHELINE ORE PREPARATION AND LIMESTONE

A.V. Konev¹, K.A. Shulgina², L.N. Kuzina², S.F. Bogdanovskaya², J.V. Mironova²

¹ JSC «SIBTSVETMETNIIPROEKT», Krasnoyarsk, Russia

² Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Achinsk Alumina Refinery (AAR) produces alumina sintered nepheline with limestone, which should be maintained in the charge, molecular ratio $(\text{Na, K})_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3 = 1$ (alkaline module) and $\text{CaO}:\text{SiO}_2 = 2$ (calcium module). Sintering takes place at temperatures of 1200-1300 degree Celsius. The condition for obtaining high-quality porous cake is maintaining the temperature in the range of $\Delta t = 20\div 30$ degree Celsius, which is complicated by variations in the composition of the charge, the iron compounds in it that make it more fusible by reducing Δt , causing hard work kilns, adversely affecting the porosity of the cake, to extract from it the Alumina and alkalis. The main problem of the production of alumina from nepheline is the need for complete separation of Al(III) and Si(IV), are incompatible with the electrolysis of aluminum. As a consequence to the nepheline and limestone increased demands on the quality and stability of the composition, set standards AGK.

Produced from the mine limestone Mazulsk mine crushed to 300 mm and are delivered to the AAR by automobile transport. Problems with reserves of limestone is not, but urgent issue of reducing the content of interfering impurities – iron oxides, silicon, sulfur, and variations in the composition, complicating the preparation of the charge, control over the process of sintering and leaching.

Produced at Kiya-Shaltyr nepheline mine (KSHNM) nepheline crushed to –300 mm without enrichment averaged over grinding and burdening unit (GBU) to feed the hopper loading site for shipment to the AAR rail routes. Testing on the AAR indicates that the proportion not corresponding to the requirements of the standard, is 46.8 %. Thus, the system of averaging nepheline production in at least three faces on two horizons career with GBU working inefficiently. In addition, KSHNM experiencing problems with raw material supplies conditioned, which is estimated in 2010 there are not more than 10-15 years, outstripping growth of specific volumes of stripping (stripping ratio of 1.7 or more).

Variations in the composition of nepheline and limestone prevent proper operation preparing ores department (POD) raw shop AAR, and the inability of stock POD averaging ore fed to the department prepare the charge, a negative impact on maintaining the modular characteristics complicates the control process. Fluctuations in the extraction of alumina reached $20\div 25\%$ rel. for the year.

The report its conclusions ore preparation and preliminary enrichment of nepheline to $10\div 15\%$ of the limestone – up to $15\div 20\%$ blade rocks do not contain ingredients that are used to produce alumina, without reducing the volume of its production while increasing the quality of the content of interfering impurities. Accordingly, $20\div 30\%$ and reduce the cost of raw materials and energy resources per unit of commodity products, waste production and environmental pressures on the environment could be revised upwards stocks conditioned feedstock.

During the processing of additional volumes of raw materials conditioned in 2,6÷3,9 million tons instead derived from the process of rock mass can be obtained 120÷180 thousand tons of alumina, respectively, about 60÷90 thousand tons of crude aluminum, which will recoup the introduction of innovations within six months.